

⑬日本国特許庁(JP)

⑭特許出願公開

⑫公開特許公報 (A)

昭54—44710

①Int. Cl.<sup>2</sup>

識別記号

②日本分類

庁内整理番号

③公開 昭和54年(1979)4月9日

H 02 K 41/02

55 A 423

2106—5H

H 02 K 3/24

55 A 01

6728—5H

発明の数 1

H 02 K 9/19

55 A 04

7052—5H

審査請求 有

(全 6 頁)

④沸騰冷却式電磁石

⑪特 願 昭52—109941

⑫出 願 昭52(1977)9月14日

⑬発 明 者 梅森肅

武蔵野市境2丁目9番地 国鉄  
アパート1—302

同 岩崎正見

東京都千代田区丸の内2丁目6  
番1号 古河電気工業株式会社

内

⑭発 明 者 熊沢伸

東京都品川区二葉2丁目9番15  
号 古河電気工業株式会社中央  
研究所内

⑮出 願 人 日本国有鉄道

同 古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6  
番1号

⑯代 理 人 弁理士 佐藤正年 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

沸騰冷却式電磁石

2. 特許請求の範囲

(1) 偏平な断面形状となした素線を重畳巻回し、各層の素線の少くとも一方の短辺面がコイル外表面として露呈する環状コイルを、該コイル外表面と冷却槽体の内壁面との間に冷却媒体流路が形成されるように、環状の沸騰冷却槽体によつて取囲んだうえ、鉄心に嵌装してなることを特徴とする沸騰冷却式電磁石。

(2) 環状コイルを形成する素線が断面巾方向にて2分割され、分割された各素線の両短辺の内各一方の短辺同志は互に相接し各他方の短辺が冷却媒体流路に露呈していることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の電磁石。

(3) 上記環状コイル外表面と該コイル外表面に対面する冷却槽体の内壁面との間に上記間隙の寸法を保持するスペーサを配設し、該スペーサを所定長さに亘つて延在させることにより上記間隙を上

下の複数の流路に上記所定長さに亘つて分割してなることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の電磁石。

(4) 環状コイルの上配外表面と対面して冷却媒体流路を形成する側の冷却槽体の内壁に上記素線の長さ方向に沿つて延在する条溝を設けたことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の電磁石。

(5) 環状コイルは電磁石の正置状態においてコイル両端面が立てられて鉄心に嵌装され、素線の両短辺面が露呈したコイル表面が上記コイル両端面を構成してなることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の電磁石。

(6) 環状コイルを収納した環状冷却槽体の内孔に挿入される鉄心部分に対して電磁石の正置状態における上部と下部の冷却槽体内の冷却媒体流路が該鉄心部分を通過して連通されてなることを特徴とする特許請求の範囲第5項に記載の電磁石。

(7) 電磁石の正置状態においてコイル端面が伏せられて鉄心に嵌装され、上記素線の短辺面がコイルエッジを形成するようにエッジワイズに曲げら

れて環状コイルとして巻回されることにより、上記素線の両短辺面が露呈したコイル表面が環状コイルの内周面および外周面を構成し、両コイル端の素線の長辺面が環状コイルの両端面を構成してなることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の電磁石。

(8) 環状コイルを収納した環状冷却槽体の内孔に挿入される磁極部分および該磁極部分に屈曲して設けられたヨーク部分を備えた鉄心を有し、上記冷却槽体の一部分がその断面の少なくとも一辺を上記磁極部分とヨーク部分とによつて覆われて閉まれ、該冷却槽体の一部分と磁極部分に対して対称位置にある冷却槽体の他部分がその断面の一辺にて磁極部分に接し且つ上記一部分の内部断面積より大きな内部断面積に形成されてなる冷却槽体を鉄心に嵌挿したことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の電磁石。

(9) 鉄心に閉まれていない部分の冷却槽体の外表面に放熱フィンを設けたことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の電磁石。

線外表面に絶縁被覆層を有する相接した素線を介して間接的な熱伝達となり、絶縁被覆層の熱伝達性の悪さによつて十分な冷却効果が得られない。このため場合によつては内部に位置する素線の過熱ないしは焼損を生じ易く、その結果最大使用電流は小さすぎる値に抑えられてしまう事が多い。これに対処すべく、コイル内部の素線にも冷却媒体が直接接触できるように例えばコイルを分割したり或いは素線間に適当空間を設けてコイルを構成することも考えられるが、此等の場合はコイル電導断面積に占める素線電導体断面積の割合即ち占積率の減少によつてコイルの大型化を招き、その結果として鉄心がその分だけ大きくなり、反つて電磁石全体として見た時占有空間の増大及び重量増が避けられない。

この発明は小形の装置構成によつて高効率の冷却が可能な排熱冷却方式によつて電磁石のコイルを強制冷却し、その際上記した占積率を損なうことなくコイルを構成する全ての素線の少なくとも一部には必ず直接冷却媒体が接触し得るように改

### 3. 発明の詳細な説明

この発明は特に同期式ワリニアモータにおける移動体の界磁用電磁石即ち外周表面を適当に電気絶縁された所望本数の素線導体（以下素線と云う）に分割されたコイル導体、換言すれば所望本数の素線を1束としたコイル導体を所望数重巻回してなる電磁石コイル（以下コイルと云う）を適当形状の鉄心に嵌挿した電磁石の改良に関し、該電磁石のコイルを構成する素線の全てを効率良く冷却するための電磁石構造の改良に関する。

電機子コイルとしての直線的なルールと、このルールに沿つて電磁作用によつて移動する界磁を備えた移動体とからなる同期式ワリニアモータにおいて、移動体に搭載される界磁電磁石は所要の強度の磁界を発生する能力と共に極力小形化および軽量化が要求される。このためこの種電磁石ではコイルの強制冷却を行なつて大電流を流すが、このコイルの冷却に際して冷却媒体と直接接触して熱伝達出来るのはコイルの外表面に位置する素線だけであり、コイル内部に位置する素線では、素

良された電磁石の構造を提供することを目的としている。

すなわちこの発明においては、電磁石のコイルは、素線電導部の占積率をより大きく取れる適当断面形状例えば偏平な断面形状の素線を用いて該素線断面の長辺を為す面（以下長辺面と云う）を相互に重畳するように巻回した環状コイルとして形成され、少なくとも此を構成する各素線の断面において直線ないしは円弧状の短辺相当部分を為す面（以下短辺面と云う）が夫々コイル巻回方向に関して両側に各層巻毎にコイル両端面又は内外周面として露呈して形成される。

本発明の一つの実施例では、特に一層一素線巻とした偏平な素線からなる環状コイルが環状の冷却槽体内に収納され、電磁石が正置された時上記短辺面が露呈したコイル表面の少なくとも一方が冷却槽体の内壁面との間に適当な断面形状例えば縦に偏平な断面形状の間隙を形成する。この間隙には沸騰冷却媒体が通され、従つてコイルを構成する各素線に発生した熱は、各素線短辺面の両面

ないしは片面が冷却媒体に直接接触することが出来るので、本発明によらない場合のように相隣る他の素線を介した冷却媒体への熱伝達ではなしに、冷却媒体の気化潜熱によつて直接効率よく収奪され、コイルを構成する個々の素線温度上昇抑止が効果的に行なわれる。上記した冷却媒体の通路となる間隙部をコイル断面の両側或いはいずれか一方の側のみ設けるかは素線発熱量、冷却槽体、電磁石全体の許容占有空間の大きさ、重量等を勘案して適当に選択すればよい。電磁石による発生磁界の強度は上記コイル導体の巻数と励磁電流との積に比例するものであるが、この発明の電磁石ではその高効率の冷却効果によつて本発明によらない場合に比して、より大きな励磁電流密度を与えることができ、従つて所要磁界強度を得るのにコイル断面積を小さくすることができこれが電磁石の小形化および軽量化に寄与する。

この発明の具体的な構成および効果を実施例図面と共に詳述すれば以下の通りである。

第1図、第2a図および第2b図において、環

状コイル(1)(1)は環状の冷却槽体(2)(2)内に収納されて各々一部分開口形の断面形状を為す鉄心(3)に嵌装され、該鉄心の対向した磁極面(4)(4)間に平行磁束を生じるようになされている。コイル(1)(1)は第2b図に素線分割をしないコイル導体1ターン分を示すように断面形状が偏平な素線(5)を重合巻回してなり、該素線(5)の外周面は適当に電気絶縁を施されている。素線断面の長辺面はコイルに巻回されたときに夫々、長辺面で互いに重ねられ、各巻きごとに必ず両短辺面が環状コイルとしての両端面として露呈する。すなわちこの実施例においては環状コイルの軸心方向の厚み寸法が素線の巾寸法(素線断面の長辺長さ)で構成され、全ての素線各巻層毎に両短辺面が環状コイルの両端面を形成している。冷却槽体(2)は内部にコイル(1)を収納したときにその内壁面が上記環状コイルの両端面と外周面との間に互いに連通した間隙(6)(7)(8)を形成し、鉄心の磁極部分9に接する内壁は環状コイル(1)の内周面と接すると共に鉄心(3)の磁極部分(9)を受け入れる内孔を画定する。第2a図に示し

た状態をこの電磁石の正働状態とし、この状態で移動体上に界磁電磁石として搭載され、両コイル(1)(1)及び磁極面(4)(4)間の間隙に恰も電磁石が降臨するようにして下方から電機子コイル(図示せず)を位置させることで同期式リニアモータが構成される。冷却槽体(2)内には図示しない凝縮器で液化された例えばフロン等の冷却媒体が下部導管(4)から送り込まれ、冷却媒体を該槽内で蒸発させることによりその気化潜熱でコイルに発生する熱を奪い、気化した冷却媒体は冷却槽体の上部導管(4)から凝縮器へ戻される。すなわち冷却槽体(2)は沸騰冷却系の蒸発槽として機能し、その場合コイルの全ての素線各巻層毎にその両短辺面に冷却媒体を接触させるための流路を形成する間隙(6)(7)が環状コイル(1)(1)の両端面と環状冷却槽体(2)(2)の両端面内壁面との間に縦に偏平な連通流路として構成されている。

第2a図および第2b図に示した実施例においては環状コイル(1)はその半径方向に素線長辺の面を相互に重合して巻回してなり、コイル両端面が

各素線各巻層毎に両短辺面で形成されて立てられた状態で鉄心に嵌装されているが、コイルの巻き形態はこれに限るものではなく、第3a図および第3b図に示すように素線両短辺面をエッジとしてエッジワイズに曲げ環状コイル状に素線(5)の長辺面が相互に重台したコイル(1)を形成してもよい。すなわち第3a図および第3b図において、素線(5)は長辺面に略平行な平面内で曲げられてコイルとしての軸方向に重台されて巻回され、かくして形成された環状コイル(1)はその外周面と内周面とが各巻層毎のその両短辺面で形成され、第3a図に示すように電磁石の正働状態において環状コイルとしての端面が水平面に伏せられた状態で鉄心(3)に嵌装される。この場合も環状冷却槽体(2)の内周内壁面と外周内壁面および環状コイルの内周面と外周面との間に各々形成される間隙(6)(7)によつて適当な断面形状例えば縦に偏平な断面形状の冷却媒体流路が形成され、コイルの全ての素線の両短辺面が各巻層毎に該間隙(6)(7)内を流れる冷却媒体と直接に接触するようになされている。更に上

配第3a, b図の実施例において、素線断面寸法比(長辺/短辺)が大きすぎてエッジワイズ曲げが困難な場合には、夫々第3a図に示す1点鎖線( $Y_1'-Y_1$ ), ( $Y_2'-Y_2$ )を分割中心線として適宜左右に2分割し、上配(長辺/短辺)の比を小さくしてやればよい。例えば左右対称に2分割した場合、素線断面積が $(\frac{1}{2})$ となるので電流密度等、その他条件を同一とする限り発熱量も亦半減する。一方、同一素線を上記のように2分割してなるコイル2ヶに替えてもコイル素線のいずれか一方の短辺面は各巻層毎に必ず冷却媒体に直接に接するコイル表面を形成するので、冷却効果は分割しないコイルを使う場合に比して実効上、差異を生じない。尚、2分割の結果、短辺の長さが、分割前の長辺に相当する辺の長さより大きくなる事がある事は云う迄もない。

同様な効果は上記第2a, b図におけるコイルを2分割した場合にも云える。

従つて、上記第2a, b図の実施例に示すコイルの巻き形態の場合にも必要に応じて第2a図に

おいて示すように( $Y_1'-Y_1$ ), ( $Y_2'-Y_2$ )線を分割中心線として、左右に適宜2分割した2コイルに替えてもよい。更に視点を替えて詳述すれば、この第3a図に示した実施例では、磁極面(4)側の環状コイルの一方の端面とそれに接する冷却槽体の内壁面との間に間隙を形成しなくても熱はコイルの内外周面に於て冷却媒体に直接に伝達され、従つて該コイル端面と磁極面とを市一に近くすることもでき、先の実施例に比べて磁極面縁部での斜行磁束を減少できて一層均一な磁束分布を磁極間隙に生ぜしめ得る。

第3a図においては上部の冷却槽体では環状コイル上端面との間に間隙(6)があり、また下部の冷却槽体では環状コイル下端面との間に間隙(6)があり、従つて上部の冷却槽体についてはその下部からの冷却媒体供給口を、また下部の冷却槽体についてはその上部からの冷却媒体流出口を各々磁極間隙に対して大きく突出しないような適当な位置、例えばヨーク(4)側の前後に設けるのが望ましい。またこの冷却媒体供給口および流出口の構成と関

連して、上部の冷却槽体内の間隙(6)(7)の下部での連通と、下部の冷却槽体内の間隙(6)(7)の上部での連通をなすために、例えば第4図に示すように鉄心の前後部におけるコイルの曲部(4)において、上部のコイルを上方に、下部のコイルを下方に、各々冷却槽体内で曲げて、該曲部でのコイル端面を冷却槽体上下端面の内壁面から離してもよい。

素線の短辺面が露呈したコイル表面と冷却槽体(2)の内壁との間で形成される縦に偏平な流路間隙(6)(7)又は(6)(7)においては、液化された冷却媒体が気泡を生じながら気化し、その気化潜熱によつてコイルで発生した熱を除去する。従つて間隙(6)(7)又は(6)(7)内においては下方から上方へ向けて気泡が上昇し、上部空間に気体領域が生じることがある。この気体領域内にコイル上部の素線の短辺面が露呈すると、他の液体冷却媒体中に浸漬されている部分と冷却効果が異なることになり、この冷却効果の差が問題となる場合があり、特に大電流による励磁を行なう場合にはその度合が大きい。第5図に示す実施例では間隙(6)(7)の中間高さ部分に素

線長さ方向に延在するスペース(4)を配付し、間隙(6)(7)の寸法を保持させると共に間隙を上下二つの流路に分割している。このようなスペース(4)を第1図における磁極部(9)直下の冷却槽体の水平部分(4)に対して適用することにより、特に間隙の上部空間が狭い該部分(4)において上昇気泡の縦方向の分布を均一化でき、最上部のみに大きな気体領域が偏在するのを防ぐことが可能となつて均一な冷却効果が得られるものである。上記の水平部分(4)においては上述の理由によつて特にスペース(4)を素線長さ方向に延在して鉄心直下部分に亘る仕切りを構成するようにする必要があるが、この仕切りとしての機能は発生する気泡の直径との関連で例えばスペース(4)に小貫通孔を設けたものでも果し得るし、水平部分以外に設ける小巾寸法のスペースを水平部分(4)のみ小間隔で連設することによつても果し得る。

上述の上昇気泡に対するコイル表面の冷却の効率化に対し、第6図の実施例では素線の短辺面が露呈したコイル表面と対面した冷却槽体の内壁面

に流路長さ方向に沿つた条溝部を設け、気泡を条溝内に導入してコイル表面から離すようにして流通させるようにし、均一な冷却が得られるようにしてある。

また鉄心直下の水平部分(6)の間隙(6)(7)の上側空間に溜るかも知れない気化冷媒に対し、第7図に示すように鉄心の磁極部(9)を貫通して上下の冷却槽体の間隙間を連通させる通路(8)を設けることも効果的である。

上述の各実施例に対して比較的コイルの発熱が少ない場合には気泡の発生およびそれによる気体領域の生成はさほど問題とはならず、従つてこの場合は電磁石の正極状態で磁極部(9)より上部に位置する冷却槽体内を下部の冷却槽体内の液化冷媒からの蒸発気体冷媒で空冷するように気体領域としてもよく、この場合は第8図に示すように下部槽体の内部断面積を大きくして充分な量の液化冷媒の送込を可能とし、逆に上部槽体は内部断面積を小さくして蒸発気体冷媒の流速を速くするのが望ましく、これによつて鉄心の磁極部とヨーク部

とで囲まれる空間内に配設される上部槽体断面積を小さくしてコイル断面積が該空間内に占める割合を大とし、コイル断面積に対して鉄心の不必要な大形化が避けられるものである。尚、第9図は第8図の例における冷却槽体(2)を示す斜視図であつて上記した理由から鉄心装着部だけ特に小断面積となるような構造にしてある。

第8図の例では鉄心によつて囲まれる部分の余地空間を利用して冷却槽体の断面積を大きくしたが、この余地空間を利用して第10図の如く下部槽体外表面に放熱フィン(10)を設けてもよい。これにより、凝縮器(熱交換器)(図示せず)の小型化、軽量化が可能となる。

以上に述べた種々の実施例から明らかなようにこの発明によれば沸騰冷却によつてコイルを冷却する全ての素線面短辺面は少なくとも他の素線を介することなく直接冷却媒体に相接して冷却されるから、発熱によつてコイル内に位置する特定素線が過熱、焼損するなどの従来品の欠点が除去され、しかもコイル導体部の占積率が同様な冷却効

果を得る従来品に比べて大巾に増加し、鉄心も大型化することなく小形軽量の高出力電磁石を構成し得るものであり、従つて同期式リニアモータの移動体に搭載する電磁石として移動体自重の軽量化に寄与する事が出来る。

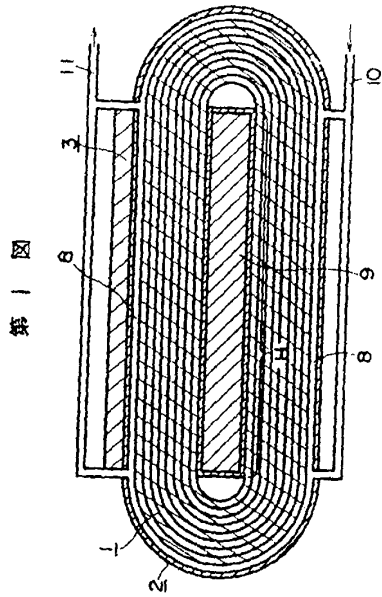
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の一実施例に係る電磁石の縦断面説明図、第2a図は同じく横断面を含む斜視図、第2b図は同じくそのコイルの1ターン分を示す斜視図、第3a図は別の実施例に係る横断面を含む斜視図、第3b図はそのコイルの1ターン分を示す斜視図、第4図はさらに別の実施例に係る部分縦断面図、第5図および第6図は各々さらに別の実施例を示す部分横断面図、第7図はさらに別の実施例を示す横断面を含む部分斜視図、第8図はさらに別の実施例を示す部分横断面図、第9図は前図の冷却槽体のみを示す斜視図、第10図はさらに別の実施例を示す部分横断面図である。

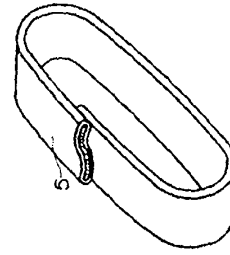
(1): コイル、(2): 冷却槽体、(3): 鉄心、(4): 鉄心の磁極面、(5): 素線導体、(6)(7): 間隙、(8): 鐵

極部、(9): ヨーク部、(10): スペース、(11): 条溝、(12): 貫通通路、(13): フィン。

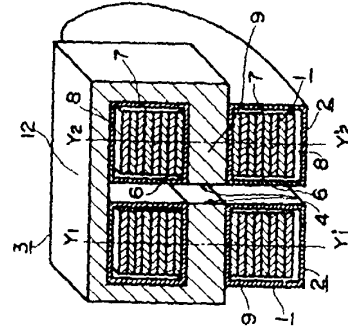
特許出願人 日本国有鉄道  
古河電気工業株式会社  
代理人 弁護士 佐藤正年  
木村三朗



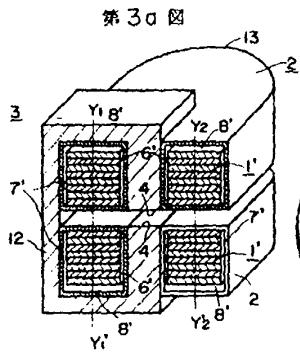
第 1 图



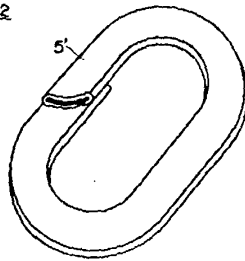
第 2b 图



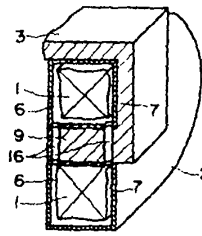
第 2a 图



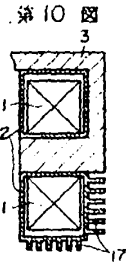
第 3a 图



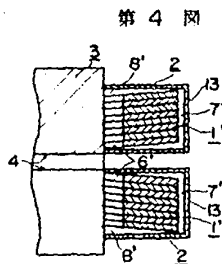
第 3b 图



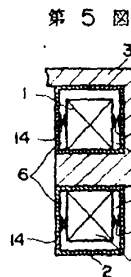
第 7 图



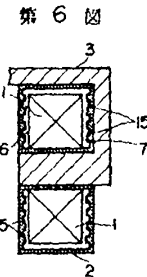
第 10 图



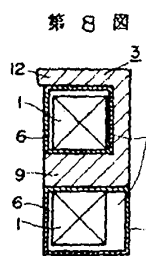
第 4 图



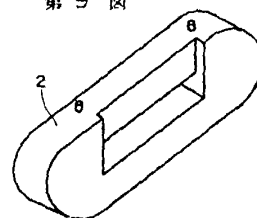
第 5 图



第 6 图



第 8 图



第 9 图

PAT-NO: JP354044710A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 54044710 A  
TITLE: ELECTROMAGNET OF EBULLITION COOLING  
TYPE  
PUBN-DATE: April 9, 1979

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

UMEMORI, TAKASHI

IWASAKI, MASAMI

KUMAZAWA, SHIN

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

JAPANESE NATIONAL RAILWAYS<JNR>

FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

COUNTRY

N/A

N/A

APPL-NO: JP52109941

APPL-DATE: September 14, 1977

INT-CL (IPC): H02K041/02, H02K003/24 , H02K009/19

US-CL-CURRENT: 428/17, 442/43 , 442/FOR.131

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain effective cooling by accommodating an annular coil body x consisting of a flat wire with its long side surfaces overlapping each other and its short side surfaces exposed in an annular cooling trough an passing an ebullition cooling medium through a gap formed between the coil surface and trough.

CONSTITUTION: An annular coil 1 consisting of a flat

wire xx5 with its long  
side surfaces overlapping each other and its short side  
surfaces exposed as its  
outer periphery is accommodated within annular cooling  
trough 2, which is  
fitted on a core 3 with gaps 6 and 7 of suitable sectional  
profiles formed  
between the surface of the cooling trough. An ebullition  
cooling medium is  
passed into this gap from an inlet duct 10 for robbing the  
wire of heat  
produced therein directly from the short side surfaces as  
heat of gasification  
of the cooling medium. The gas thus formed is fed out  
through a discharge duct  
11 and liquified again for recirculation.

COPYRIGHT: (C)1979,JPO&Japio